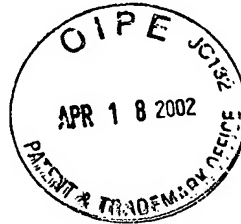


# METHOD AND DEVICE FOR GRAPHIC OPERATION

Patent Number: JP11306366  
Publication date: 1999-11-05  
Inventor(s): OZAWA HIROYUKI  
Applicant(s):: SONY CORP  
Requested Patent: ☐ JP11306366  
Application Number: JP19980112500 19980422  
Priority Number(s):  
IPC Classification: G06T11/00 ; G06T15/00  
EC Classification:  
Equivalents:



## Abstract

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a graphic operation device to form a high quality picture.  
**SOLUTION:** A mixture picture element determination circuit 310 determines a picture element, whose color data is to be mixed with that of a picture element crossing a boundary line, based on picture element position data (xt , yt ) indicating the position of the picture element crossing the boundary line of a unit graphic and relative position data (maj, dir) indicating the relative position relation between the center of the picture element and the boundary line, and generates mixture picture element position data (xc , yc ) indicating the position of the picture element whose color data is to be mixed. In a plotter in the succeeding stage, color data stored in a display buffer are mixed and are written back based on crossing picture element position data (xt , yt ), mixture picture element position data (xc , yc ), and a mixture ratio C0 V.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】モデルを複数の単位図形の組み合わせで表現し、各画素についての描画データを描画データ記憶手段に記憶するグラフィック演算装置において、

前記単位図形の境界線と交差する画素の位置を示す交差画素位置データと、当該画素の中心と前記境界線との相対的な位置関係を示す相対位置データとに基づいて、前記境界線と交差する画素との間で色データの混合を行なう画素を決定し、当該混合を行なう画素の位置を示す混合画素位置データを生成する混合画素決定手段と、前記境界線が前記画素に交差する位置に基づいて、前記色データの混合を行なうときの混合比率を決定する混合比率決定手段と、

前記交差画素位置データおよび前記混合画素位置データに基づいて、前記描画データ記憶手段に記憶されている前記境界線と交差する画素および前記混合を行なう画素の色データを読み出し、前記境界線と交差する画素の色データに、前記混合を行なう画素の色データを前記混合比率で混合し、前記境界線と交差する画素について新たな色データを生成し、当該色データを前記描画データ記憶手段に書き戻す描画手段とを有するグラフィック演算装置。

【請求項2】前記混合画素決定手段は、前記境界線と交差する画素の中心から前記境界線までの距離を示す距離データに基づいて、前記色データの混合を行なうときの混合比率を決定する請求項1に記載のグラフィック演算装置。

【請求項3】前記交差画素位置データおよび前記相対位置データを生成する位置データ生成手段をさらに有する請求項1に記載のグラフィック演算装置。

【請求項4】前記距離データを生成する距離データ生成手段をさらに有する請求項2に記載のグラフィック演算装置。

【請求項5】前記描画手段は、所定の画像処理を経て生成された色データを前記描画データ記憶手段に記憶した後に、前記読み出しを行う請求項1に記載のグラフィック演算装置。

【請求項6】前記モデルは、立体モデルである請求項1に記載のグラフィック演算装置。

【請求項7】立体モデルを複数の単位図形の組み合わせで表現し、イメージを示すテクスチャデータを前記単位図形と対応付けて描画データを生成するグラフィック演算装置において、

相互に異なる縮小率に対応した複数のテクスチャデータを記憶したテクスチャデータ記憶手段と、

前記描画データを記憶する描画データ記憶手段と、

前記単位図形の頂点について、3次元座標(x, y, z)、R(赤)、G(緑)、B(青)データ、同次座標(s, t)および同次項qを含むポリゴンレンダリングデータを生成するポリゴンレンダリングデータ生成手段

と、

前記単位図形の頂点のポリゴンレンダリングデータを補間して、前記単位図形内に位置する画素の画像データを生成するデータ補間手段と、

各画素についての前記画像データに含まれる同次座標(s, t)および同次項qから縮小率を決定し、前記テクスチャデータ記憶手段に記憶された複数のテクスチャデータのうち、前記決定した縮小率に応じたテクスチャデータを前記単位図形と対応付けて描画データを生成するテクスチャ処理手段と、

前記単位図形の境界線と交差する画素の位置を示す前記交差画素位置データと、当該画素の中心と前記境界線との相対的な位置関係を示す相対位置データとに基づいて、前記境界線と交差する画素との間で色データの混合を行なう画素を決定し、当該混合を行なう画素の位置を示す混合画素位置データを生成する混合画素決定手段と、

前記境界線が前記画素に交差する位置に基づいて、前記色データの混合を行なうときの混合比率を決定する混合比率決定手段と、

前記テクスチャ処理手段で生成された描画データを前記描画データ記憶手段に記憶した後に、前記交差画素位置データおよび前記混合画素位置データに基づいて、前記描画データ記憶手段に記憶されている前記境界線と交差する画素および前記混合を行なう画素の色データを読み出し、前記境界線と交差する画素の色データに、前記混合を行なう画素の色データを前記混合比率で混合し、前記境界線と交差する画素について新たな色データを生成し、当該色データを前記描画データ記憶手段に書き戻す描画手段とを有するグラフィック演算装置。

【請求項8】前記混合画素決定手段は、前記境界線と交差する画素の中心から前記境界線までの距離を示す距離データに基づいて、前記色データの混合を行なうときの混合比率を決定する請求項7に記載のグラフィック演算装置。

【請求項9】立体モデルを複数の単位図形の組み合わせで表現し、イメージを示すテクスチャデータを前記単位図形と対応付けて描画データを生成するグラフィック演算装置において、

前記単位図形の頂点について、3次元座標(x, y, z)、R(赤)、G(緑)、B(青)データ、同次座標(s, t)および同次項qを含むポリゴンレンダリングデータを生成するポリゴンレンダリングデータ生成手段と、

前記ポリゴンレンダリングデータを用いてレンダリング処理を行なうレンダリング装置と、

前記ポリゴンレンダリングデータ生成装置とレンダリング装置とを接続するバスとを有し、

前記レンダリング装置は、

相互に異なる縮小率に対応した複数のテクスチャデータ

を記憶したテクスチャデータ記憶手段と、  
 前記描画データを記憶する描画データ記憶手段と、  
 前記単位図形の頂点について、3次元座標(x, y, z)、R(赤)、G(緑)、B(青)データ、同次座標(s, t)および同次項qを含むポリゴンレンダリングデータを補間して、前記単位図形内に位置する画素の画像データを生成するデータ補間手段と、  
 各画素についての前記画像データに含まれる同次座標(s, t)および同次項qから縮小率を決定し、前記テクスチャデータ記憶手段に記憶された複数のテクスチャデータのうち、前記決定した縮小率に応じたテクスチャデータを前記単位図形と対応付けて描画データを生成するテクスチャ処理手段と、  
 前記単位図形の境界線と交差する画素の位置を示す前記交差画素位置データと、当該画素の中心と前記境界線との相対的な位置関係を示す相対位置データとに基づいて、前記境界線と交差する画素との間で色データの混合を行なう画素を決定し、当該混合を行なう画素の位置を示す混合画素位置データを生成する混合画素決定手段と、  
 前記境界線が前記画素に交差する位置に基づいて、前記色データの混合を行なうときの混合比率を決定する混合比率決定手段と、  
 前記テクスチャ処理手段で生成された描画データを前記描画データ記憶手段に記憶した後に、前記交差画素位置データおよび前記混合画素位置データに基づいて、前記描画データ記憶手段に記憶されている前記境界線と交差する画素および前記混合を行なう画素の色データを読み出し、前記境界線と交差する画素の色データに、前記混合を行なう画素の色データを前記混合比率で混合し、前記境界線と交差する画素について新たな色データを生成し、当該色データを前記描画データ記憶手段に書き戻す描画手段とを有するグラフィック演算装置。  
 【請求項10】モデルを複数の単位図形の組み合わせで表現し、各画素についての描画データを描画データ記憶手段に記憶するグラフィック演算方法において、  
 所定の画像演算処理を行った色データを前記描画データ記憶手段に記憶し、  
 前記単位図形の境界線と交差する画素の位置を示す交差画素位置データと、当該画素の中心と前記境界線との相対的な位置関係を示す相対位置データとに基づいて、前記境界線と交差する画素との間で色データの混合を行なう画素を決定し、当該混合を行なう画素の位置を示す混合画素位置データを生成し、  
 前記境界線が前記画素に交差する位置に基づいて、前記色データの混合を行なうときの混合比率を決定し、  
 前記交差画素位置データおよび前記混合画素位置データに基づいて、前記描画データ記憶手段に記憶されている前記境界線と交差する画素および前記混合を行なう画素の色データを読み出し、前記境界線と交差する画素の色

データに、前記混合を行なう画素の色データを前記混合比率で混合し、前記境界線と交差する画素について新たな色データを生成し、当該色データを前記描画データ記憶手段に書き戻すグラフィック演算方法。

【請求項11】前記境界線と交差する画素の中心から前記境界線までの距離を示す距離データに基づいて、前記色データの混合を行なうときの混合比率を決定する請求項10に記載のグラフィック演算方法。

【請求項12】前記モデルは、立体モデルである請求項10に記載のグラフィック演算方法。

【請求項13】立体モデルを複数の単位図形の組み合わせで表現し、イメージを示すテクスチャデータを前記単位図形と対応付けて描画データを生成するグラフィック演算方法において、

前記単位図形の頂点について、3次元座標(x, y, z)、R(赤)、G(緑)、B(青)データ、同次座標(s, t)および同次項qを含むポリゴンレンダリングデータを生成するポリゴンレンダリングデータ生成し、前記単位図形の頂点のポリゴンレンダリングデータを補間して、前記単位図形内に位置する画素の画像データを生成し、

各画素についての前記画像データに含まれる同次座標(s, t)および同次項qから縮小率を決定し、相互に異なる縮小率に対応した複数のテクスチャデータのうち、前記決定した縮小率に応じたテクスチャデータを前記単位図形と対応付けて描画データを生成し、

前記描画データを描画データ記憶手段に記憶し、  
 前記単位図形の境界線と交差する画素の位置を示す前記交差画素位置データと、当該画素の中心と前記境界線との相対的な位置関係を示す相対位置データとに基づいて、前記境界線と交差する画素との間で色データの混合を行なう画素を決定し、当該混合を行なう画素の位置を示す混合画素位置データを生成し、

前記境界線が前記画素に交差する位置に基づいて、前記色データの混合を行なうときの混合比率を決定し、  
 前記交差画素位置データおよび前記混合画素位置データに基づいて、前記描画データ記憶手段に記憶されている境界線と交差する画素および前記混合を行なう画素の色データを読み出し、前記境界線と交差する画素の色データに、前記混合を行なう画素の色データを前記混合比率で混合し、前記境界線と交差する画素について新たな色データを生成し、当該色データを前記描画データ記憶手段に書き戻すグラフィック演算方法。

【請求項14】前記境界線と交差する画素の中心から前記境界線までの距離を示す距離データに基づいて、前記色データの混合を行なうときの混合比率を決定する請求項13に記載のグラフィック演算方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は、高画質の画像を提

供できるグラフィック演算装置およびその方法に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】種々のCAD(Computer Aided Design)システムや、アミューズメント装置などにおいて、コンピュータグラフィックスがしばしば用いられている。特に、近年の画像処理技術の進展に伴い、3次元コンピュータグラフィックスを用いたシステムが急速に普及している。このような3次元コンピュータグラフィックスでは、マトリクス状に画素(ピクセル)を配置したCRT(Cathode Ray Tube)などのディスプレイに表示を行なうとき、レンダリング(Rendering)処理を行なう。このレンダリング処理は、各画素の色データを計算し、得られた色データを、当該画素に対応するディスプレイバッファ(フレームバッファ)に書き込む。レンダリング処理の手法の一つに、ポリゴン(Polygon)レンダリングがある。この手法では、立体モデルを三角形の単位図形(ポリゴン)の組み合わせとして表現しておき、このポリゴンを単位として描画を行なうことで、表示画面の色を決定する。

【0003】ポリゴンレンダリングでは、物理座標系における三角形の各頂点についての、座標(x, y, z)と、色データ(R, G, B)と、張り合わせのイメージパターンを示すテクスチャデータの同次座標(s, t)および同次項qの値とを三角形の内部で補間する処理が行われる。ここで、同次項qは、簡単にいうと、拡大縮小率のようなもので、実際のテクスチャバッファのUV

$$C = C_{ov} \times C_a + (1 - C_{ov}) \times C_b \quad \dots (1)$$

【0008】例えば、図11に示すような単独の単位図形としての三角形180の場合には、境界色181と背景色182とが混じり合い、境界は滑らかに表示される。

#### 【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところで、例えば、図12に示すように、複数の三角形で構成される立体モデルを描画する場合には、先ず最初に三角形200を描画した後に、三角形201を描画する。このとき、三角形200を描画すると、三角形200の境界は三角形200の色と背景202の色との混合色となる。次に、三角形201を描画すると、三角形200と三角形201との境界は前記混合色と三角形201の色との混合色になり、三角形200と三角形201との境界線には、背景202の色が混入し、当該境界線に実際には存在しないラインが表示されてしまい、画質が低下するという問題がある。

【0010】本発明は上述した従来技術の問題点に鑑みてなされ、単位図形を組み合わせる形状を描画する場合でも、高画質な画像を提供することを可能にするグラフィック演算装置およびその方法を提供することを目的とする。

座標系における座標、すなわち、テクスチャ座標データ(U, V)は、同次座標(s, t)を同次項qで除算した(s/q, t/q) = (u, v)に、それぞれテクスチャサイズUSIZEおよびVSIZEを乗じた乗算結果に応じたものとなる。

【0004】このようなポリゴンレンダリングを用いた3次元コンピュータグラフィックシステムでは、描画を行う際に、テクスチャデータをテクスチャバッファから読み出し、この読み出したテクスチャデータを、立体モデルの表面に張り付け、リアリティの高い画像データを得るテクスチャマッピング処理を行う。

【0005】ところで、上述したようなマトリクス状に画素を配置したディスプレイでは、殆どの場合において、線分を描くことはできず、その線分の軌跡に近い一連の画素で近似したものが用いられる。そのため、例えば、図10に示すように、A点からB点に達する線分を描画しようとするとき、斜線のように、線分は階段状(ステアステップ)になって現れる。これをエイリアスと呼び、エイリアスの影響を抑制することをアンチエイリアスと呼ぶ。

【0006】ところで、一般的なアンチエイリアスは、下記式(1)に示すように、単位図形の境界色Caとその背景色Cbとを境界の画素の占有率Covで混ぜ合わせて新たな色Cを生成する。

#### 【0007】

【数1】

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】上述した従来技術の問題点を解決し、上述した目的を達成するために、本発明の第1の観点のグラフィック演算装置は、モデルを複数の単位図形の組み合わせで表現し、各画素についての描画データを描画データ記憶手段に記憶するグラフィック演算装置であって、前記単位図形の境界線と交差する画素の位置を示す交差画素位置データと、当該画素の中心と前記境界線との相対的な位置関係を示す相対位置データとに基づいて、前記境界線と交差する画素との間で色データの混合を行なう画素を決定し、当該混合を行なう画素の位置を示す混合画素位置データを生成する混合画素決定手段と、前記境界線が前記画素に交差する位置に基づいて、前記色データの混合を行なうときの混合比率を決定する混合比率決定手段と、前記交差画素位置データおよび前記混合画素位置データに基づいて、前記描画データ記憶手段に記憶されている前記境界線と交差する画素および前記混合を行なう画素の色データを読み出し、前記境界線と交差する画素の色データに、前記混合を行なう画素の色データを前記混合比率で混合し、前記境界線と交差する画素について新たな色データを生成し、当該色データを前記描画データ記憶手段に書き戻す描画手

段とを有する。

【0012】本発明の第1の観点のグラフィック演算装置では、所定の画像処理を各画素の色データが、描画データ記憶手段に記憶される。その後、混合画素決定手段において、単位図形の境界線と交差する画素の位置を示す交差画素位置データと、当該画素の中心と前記境界線との相対的な位置関係を示す相対位置データとに基づいて、前記境界線と交差する画素との間で色データの混合を行なう画素が決定され、当該混合を行なう画素の位置を示す混合画素位置データが生成される。また、混合比率決定手段において、前記境界線が前記画素に交差する位置に基づいて、前記色データの混合を行なうときの混合比率が決定される。次に、描画手段において、前記交差画素位置データおよび前記混合画素位置データに基づいて、前記描画データ記憶手段に記憶されている前記境界線と交差する画素および前記混合を行なう画素の色データが読み出され、前記境界線と交差する画素の色データに、前記混合を行なう画素の色データが前記混合比率で混合され、前記境界線と交差する画素について新たな色データが生成され、当該色データが前記描画データ記憶手段に書き戻される。

【0013】また、本発明の第2の観点のグラフィック演算装置は、立体モデルを複数の単位図形の組み合わせで表現し、イメージを示すテクスチャデータを前記単位図形と対応付けて、描画データを生成するグラフィック演算装置であって、相互に異なる縮小率に対応した複数のテクスチャデータを記憶したテクスチャデータ記憶手段と、前記描画データを記憶する描画データ記憶手段と、前記単位図形の頂点について、3次元座標(x, y, z)、R(赤)、G(緑)、B(青)データ、同次座標(s, t)および同次項qを含むポリゴンレンダリングデータを生成するポリゴンレンダリングデータ生成手段と、前記単位図形の頂点のポリゴンレンダリングデータを補間して、前記単位図形内に位置する画素の画像データを生成するデータ補間手段と、各画素についての前記画像データに含まれる同次座標(s, t)および同次項qから縮小率を決定し、前記テクスチャデータ記憶手段に記憶された複数のテクスチャデータのうち、前記決定した縮小率に応じたテクスチャデータを前記単位図形と対応付けて描画データを生成するテクスチャ処理手段と、前記単位図形の境界線と交差する画素の位置を示す前記交差画素位置データと、当該画素の中心と前記境界線との相対的な位置関係を示す相対位置データとに基づいて、前記境界線と交差する画素との間で色データの混合を行なう画素を決定し、当該混合を行なう画素の位置を示す混合画素位置データを生成する混合画素決定手段と、前記境界線が前記画素に交差する位置に基づいて、前記色データの混合を行なうときの混合比率を決定する混合比率決定手段と、前記テクスチャ処理手段で生成された描画データを前記描画データ記憶手段に記憶し

た後に、前記交差画素位置データおよび前記混合画素位置データに基づいて、前記描画データ記憶手段に記憶されている前記境界線と交差する画素および前記混合を行なう画素の色データを読み出し、前記境界線と交差する画素の色データに、前記混合を行なう画素の色データを前記混合比率で混合し、前記境界線と交差する画素について新たな色データを生成し、当該色データを前記描画データ記憶手段に書き戻す描画手段とを有する。

【0014】本発明の第2の観点のグラフィック演算装置では、まず、ポリゴンレンダリングデータ生成手段において、単位図形の頂点について、3次元座標(x, y, z)、R(赤)、G(緑)、B(青)データ、同次座標(s, t)および同次項qを含むポリゴンレンダリングデータが生成される。次に、データ補間手段において、前記単位図形の頂点のポリゴンレンダリングデータが補間され、前記単位図形内に位置する画素の画像データが生成される。次に、テクスチャ処理手段において、各画素についての前記画像データに含まれる同次座標(s, t)および同次項qから縮小率が決定され、当該決定した縮小率に応じたテクスチャデータが前記単位図形と対応付けられ、描画データ記憶手段に1回目の描画が行なわれる。次に、混合画素決定手段において、単位図形の境界線と交差する画素の位置を示す交差画素位置データと、当該画素の中心と前記境界線との相対的な位置関係を示す相対位置データとに基づいて、前記境界線と交差する画素との間で色データの混合を行なう画素が決定され、当該混合を行なう画素の位置を示す混合画素位置データが生成される。また、混合比率決定手段において、前記境界線が前記画素に交差する位置に基づいて、前記色データの混合を行なうときの混合比率が決定される。次に、描画手段において、前記交差画素位置データおよび前記混合画素位置データに基づいて、前記描画データ記憶手段に記憶されている前記境界線と交差する画素および前記混合を行なう画素の色データが読み出され、前記境界線と交差する画素の色データに、前記混合を行なう画素の色データが前記混合比率で混合され、前記境界線と交差する画素について新たな色データが生成され、当該色データが前記描画データ記憶手段に書き戻され、第2の描画が行なわれる。

【0015】また、本発明の第3の観点のグラフィック演算装置は、立体モデルを複数の単位図形の組み合わせで表現し、イメージを示すテクスチャデータを前記単位図形と対応付けて、描画データを生成するグラフィック演算装置であって、前記単位図形の頂点について、3次元座標(x, y, z)、R(赤)、G(緑)、B(青)データ、同次座標(s, t)および同次項qを含むポリゴンレンダリングデータを生成するポリゴンレンダリングデータ生成装置と、前記ポリゴンレンダリングデータを用いてレンダリング処理を行なうレンダリング装置と、前記ポリゴンレンダリングデータ生成装置とレンダ



リング装置とを接続するバスとを有する。ここで、前記レンダリング装置は、相互に異なる縮小率に対応した複数のテクスチャデータを記憶したテクスチャデータ記憶手段と、前記描画データを記憶する描画データ記憶手段と、前記単位図形の頂点について、3次元座標 $(x, y, z)$ 、R(赤)、G(緑)、B(青)データ、同次座標 $(s, t)$ および同次項 $q$ を含むポリゴンレンダリングデータを補間して、前記単位図形内に位置する画素の画像データを生成するデータ補間手段と、各画素についての前記画像データに含まれる同次座標 $(s, t)$ および同次項 $q$ から縮小率を決定し、前記テクスチャデータ記憶手段に記憶された複数のテクスチャデータのうち、前記決定した縮小率に応じたテクスチャデータを前記単位図形と対応付けて描画データを生成するテクスチャ処理手段と、前記単位図形の境界線と交差する画素の位置を示す前記交差画素位置データと、当該画素の中心と前記境界線との相対的な位置関係を示す相対位置データとに基づいて、前記境界線と交差する画素との間で色データの混合を行なう画素を決定し、当該混合を行なう画素の位置を示す混合画素位置データを生成する混合画素決定手段と、前記境界線が前記画素に交差する位置に基づいて、前記色データの混合を行なうときの混合比率を決定する混合比率決定手段と、前記テクスチャ処理手段で生成された描画データを前記描画データ記憶手段に記憶した後に、前記交差画素位置データおよび前記混合画素位置データに基づいて、前記描画データ記憶手段に記憶されている前記境界線と交差する画素および前記混合を行なう画素の色データを読み出し、前記境界線と交差する画素の色データに、前記混合を行なう画素の色データを前記混合比率で混合し、前記境界線と交差する画素について新たな色データを生成し、当該色データを前記描画データ記憶手段に書き戻す描画手段とを有する。

【0016】また、本発明の第1の観点のグラフィック演算方法は、モデルを複数の単位図形の組み合わせで表現し、各画素についての描画データを描画データ記憶手段に記憶するグラフィック演算方法において、所定の画像演算処理を行った色データを前記描画データ記憶手段に記憶し、前記単位図形の境界線と交差する画素の位置を示す交差画素位置データと、当該画素の中心と前記境界線との相対的な位置関係を示す相対位置データとに基づいて、前記境界線と交差する画素との間で色データの混合を行なう画素を決定し、当該混合を行なう画素の位置を示す混合画素位置データを生成し、前記境界線が前記画素に交差する位置に基づいて、前記色データの混合を行なうときの混合比率を決定し、前記交差画素位置データおよび前記混合画素位置データに基づいて、前記描画データ記憶手段に記憶されている前記境界線と交差する画素および前記混合を行なう画素の色データを読み出し、前記境界線と交差する画素の色データに、前記混合を行なう画素の色データを前記混合比率で混合し、前記

境界線と交差する画素について新たな色データを生成し、当該色データを前記描画データ記憶手段に書き戻す。

【0017】さらに、本発明の第2の観点のグラフィック演算方法は、立体モデルを複数の単位図形の組み合わせで表現し、イメージを示すテクスチャデータを前記単位図形と対応付けて描画データを生成するグラフィック演算方法であって、前記単位図形の頂点について、3次元座標 $(x, y, z)$ 、R(赤)、G(緑)、B(青)データ、同次座標 $(s, t)$ および同次項 $q$ を含むポリゴンレンダリングデータを生成するポリゴンレンダリングデータ生成し、前記単位図形の頂点のポリゴンレンダリングデータを補間して、前記単位図形内に位置する画素の画像データを生成し、各画素についての前記画像データに含まれる同次座標 $(s, t)$ および同次項 $q$ から縮小率を決定し、相互に異なる縮小率に対応した複数のテクスチャデータのうち、前記決定した縮小率に応じたテクスチャデータを前記単位図形と対応付けて描画データを生成し、前記描画データを描画データ記憶手段に記憶し、前記単位図形の境界線と交差する画素の位置を示す前記交差画素位置データと、当該画素の中心と前記境界線との相対的な位置関係を示す相対位置データとに基づいて、前記境界線と交差する画素との間で色データの混合を行なう画素を決定し、当該混合を行なう画素の位置を示す混合画素位置データを生成し、前記境界線が前記画素に交差する位置に基づいて、前記色データの混合を行なうときの混合比率を決定し、前記交差画素位置データおよび前記混合画素位置データに基づいて、前記描画データ記憶手段に記憶されている境界線と交差する画素および前記混合を行なう画素の色データを読み出し、前記境界線と交差する画素の色データに、前記混合を行なう画素の色データを前記混合比率で混合し、前記境界線と交差する画素について新たな色データを生成し、当該色データを前記描画データ記憶手段に書き戻す。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本実施形態においては、家庭用ゲーム機などに適用される、任意の3次元物体モデルに対する所望の3次元画像をCRTなどのディスプレイ上に高速に表示する3次元コンピュータグラフィックシステムについて説明する。図1は、本実施形態の3次元コンピュータグラフィックシステム1のシステム構成図である。3次元コンピュータグラフィックシステム1は、立体モデルを単位図形である三角形(ポリゴン)の組み合わせとして表現し、このポリゴンを描画することで表示画面の各画素の色を決定し、ディスプレイに表示するポリゴンレンダリング処理を行うシステムである。また、3次元コンピュータグラフィックシステム1では、平面上の位置を表現する $(x, y)$ 座標の他に、奥行きを表す $z$ 座標を用いて3次元物体を表し、この $(x, y, z)$ の3つの座標で3次元空間の任意の一点

を特定する。

【0019】図1に示すように、3次元コンピュータグラフィックシステム1は、メインメモリ2、I/Oインタフェース回路3、メインプロセッサ4およびレンダリング回路5が、メインバス6を介して接続されている。以下、各構成要素の機能について説明する。メインプロセッサ4は、例えば、ゲームの進行状況などに応じて、メインメモリ2から必要なグラフィックデータを読み出し、このグラフィックデータに対してクリッピング(Clipping)処理、ライティング(Lighting)処理およびジオメトリ(Geometry)処理などを行い、ポリゴンレンダリングデータを生成する。メインプロセッサ4は、ポリゴンレンダリングデータS4を、メインバス6を介してレンダリング回路5に出力する。I/Oインタフェース回路3は、必要に応じて、外部からポリゴンレンダリングデータを入力し、これをメインバス6を介してレンダリング回路5に出力する。

【0020】ここで、ポリゴンレンダリングデータは、ポリゴンの各3頂点の $(x, y, z, R, G, B, \alpha, s, t, q, F)$ のデータを含んでいる。ここで、 $(x, y, z)$ データは、ポリゴンの頂点の3次元座標を示し、 $(R, G, B)$ データは、それぞれ当該3次元座標における赤、緑、青の輝度値を示している。データ $\alpha$ は、これから描画する画素と、ディスプレイバッファ21に既に記憶されている画素との $R, G, B$ データのブレンド(混合)係数を示している。 $(s, t, q)$ データのうち、 $(s, t)$ は、対応するテクスチャの同次座標を示しており、 $q$ は同次項を示している。ここで、「 $s/q$ 」および「 $t/q$ 」に、それぞれテクスチャサイズUSIZEおよびVSIZEを乗じてテクスチャ座標データ $(u, v)$ が得られる。テクスチャバッファ20に記憶されたテクスチャデータへのアクセスは、テクスチャ座標データ $(u, v)$ を用いて行われる。Fデータは、フォグのブレンド係数を示している。すなわち、ポリゴンレンダリングデータは、三角形の各頂点の物理座標値と、それぞれの頂点の色とテクスチャおよびフォグの値のデータを示している。

【0021】以下、レンダリング回路5について詳細に説明する。図1に示すように、レンダリング回路5は、DDA(Digital Differential Analyzer)セットアップ回路10、トライアングルDDA回路11、テクスチャエンジン回路12、メモリI/F回路13、CRTコントローラ回路14、RAMDAC回路15、DRAM16およびSRAM17を有し、図2に示すように、第1の描画(ステップS1)を行った後に、アンチエイリアス処理を行い、当該アンチエイリアス処理が施されたデータを用いて第2の描画を行う(ステップS2)。DRAM16は、テクスチャバッファ20、ディスプレイバッファ21、zバッファ22およびテクスチャCLUTバッファ23として機能する。

#### 【0022】DDAセットアップ回路10

DDAセットアップ回路10は、第1の描画を行う際に、後段のトライアングルDDA回路11において物理座標系上の三角形の各頂点の値を線形補間して、三角形の内部の各画素の色と深さ情報を求めるに先立ち、ポリゴンレンダリングデータS4が示す $(z, R, G, B, \alpha, s, t, q, F)$ データについて、三角形の辺と水平方向の差分などを求めるセットアップ演算を行う。このセットアップ演算は、具体的には、開始点の値と終点の値と、開始点と終点との距離を用いて、単位長さ移動した場合における、求めようとしている値の変分を算出する。

【0023】DDAセットアップ回路10は、第1の描画を行う際に、算出した変分データS10をトライアングルDDA回路11に出力する。

#### 【0024】トライアングルDDA回路11

トライアングルDDA回路11は、第1の描画を行う際に、DDAセットアップ回路10から入力した変分データS10を用いて、三角形内部の各画素における線形補間された $(z, R, G, B, \alpha, s, t, q, F)$ データを算出する。トライアングルDDA回路11は、第1の描画を行う際に、各画素の $(x, y)$ データと、当該 $(x, y)$ 座標における $(z, R, G, B, \alpha, s, t, q, F)$ データとを、DDAデータS11としてテクスチャエンジン回路12に出力する。本実施形態では、トライアングルDDA回路11は、第1の描画を行う際に、並行して処理を行う矩形内に位置する $8(=2 \times 4)$ 画素分を単位として、DDAデータS11をテクスチャエンジン回路12に出力する。

【0025】また、トライアングルDDA回路11は、第2描画を行う際に、三角形の境界に位置する各画素について、三角形の各辺の傾きおよび座標と、各画素の座標とから、各画素の中心に対して、三角形の境界がどちらに位置するかを判定し、当該相対位置データ $(maj, dir)$ と、距離データLとを生成する。相対位置データ $(maj, dir)$ は、majビットおよびdirビットの2ビットで構成され、例えば、図3(A)に示すように、画素 $P_1$ の中心に対して三角形の境界線400、401が左側に位置する場合には、 $(maj, dir) = (0, 0)$ を示す。また、相対位置データは、図3(B)に示すように、画素 $P_1$ の中心に対して三角形の境界線402、403が右側に位置する場合には、 $(maj, dir) = (0, 1)$ を示す。また、相対位置データは、図3(C)に示すように、画素 $P_1$ の中心に対して三角形の境界線404、405が上側に位置する場合には、 $(maj, dir) = (1, 1)$ を示す。さらに、相対位置データは、図3(D)に示すように、画素 $P_1$ の中心に対して三角形の境界線406、407が上側に位置する場合には、 $(maj, dir) = (1, 0)$ を示す。また、距離データLは、図4に示す



ように、三角形の境界に位置する各画素について、当該画素から、三角形の境界までの距離 $L$ を示す。

【0026】また、トライアングルDDA回路11は、第2の描画を行う際に、DDAセットアップ回路10から入力した三角形の境界に位置する各画素の画素位置データ $(x_t, y_t)$ と、前述したようにして生成した相対位置データ $(maj, dir)$ および距離データ $L$ とをテクスチャエンジン回路12に出力する。

#### 【0027】テクスチャエンジン回路12

テクスチャエンジン回路12は、第1の描画を行う際に、テクスチャデータの縮小率の選択処理、「 $s/q$ 」および「 $t/q$ 」の算出処理、テクスチャ座標データ $(u, v)$ の算出処理、テクスチャアドレス $(U, V)$ の算出処理、テクスチャバッファ20からの $(R, G, B, t\alpha)$ データの読み出し処理、および、混合処理（テクスチャブレンド処理）を順に、例えばパイプライン方式で行う。なお、テクスチャデータの縮小率の選択処理と、「 $s/q$ 」および「 $t/q$ 」の算出処理とを並列に処理する場合もある。このとき、テクスチャエンジン回路12は、所定の矩形領域内に位置する8画素についての処理を同時に並行して行う。また、テクスチャエンジン回路12は、第2の描画を行う際に、三角形の境界に位置する各画素の相対位置データ $(maj, dir)$ と距離データ $L$ とを用いて、アンチエイリアシングを行う際の色を混合する画素を決定すると共に、当該混合時の混合比率を算出する。

【0028】図5は、テクスチャエンジン回路12の構成図である。図5に示すように、テクスチャエンジン回路12は、縮小率演算回路304、テクスチャデータ読み出し回路305、テクスチャブレンド回路306、混合画素決定回路310および混合比率算出回路311を有する。

【0029】縮小率演算回路304は、第1の描画を行う際に、DDAデータS11に含まれる8画素分の $(s, t, q)$ データS11a<sub>1</sub>～S11a<sub>8</sub>などを用いて、テクスチャデータの縮小率 $lod$ を算出する。ここで、縮小率は、元画像のテクスチャデータを、どの程度縮小したものであるかを示すものであり、元画像の縮小率を $1/1$ とした場合には、 $1/2, 1/4, 1/8, \dots$ となる。

【0030】テクスチャバッファ20には、例えば、図6に示すように、 $lod=0, 1, 2, 3, 4$ のテクスチャデータ320, 321, 322, 323, 324が記憶されている。なお、テクスチャバッファ20の記憶領域のアドレス空間は、図6に示すように、 $U, V$ 座標系で表現され、複数の縮小率に対応したテクスチャデータが記憶されている記憶領域の基準アドレス（開始アドレス）は、縮小率 $lod$ に基づいて算出される。図6に示す例では、テクスチャデータ320, 321, 322, 323の基準アドレスは、 $(ubase_0, vbase_0), (ubase_1, vbase_1), (ubase_2, vbase_2), (ubase_3, vbase_3)$ となる。また、テクスチャバッファ20に記憶されているテクスチャデータにおける各画素についてのテクスチャアドレス $(U, V)$ は、基準アドレス $(ubase, vbase)$ と、テクスチャ座標データ $(u, v)$ とを用いて、例えば「 $U=ubase+u/2^{lod}$ 」および「 $V=vbase+v/2^{lod}$ 」から生成される。

【0031】〔テクスチャデータ読み出し回路305〕テクスチャデータ読み出し回路305は、第1の描画を行う際に、DDAデータS11に含まれる8画素分の $(s, t, q)$ データS11a<sub>1</sub>～S11a<sub>8</sub>と、縮小率演算回路304からの縮小率 $lod$ と、テクスチャサイズUSIZEおよびVSIZEとを入力し、8画素のそれぞれに対応した、テクスチャデータS17<sub>1</sub>～S17<sub>8</sub>をテクスチャバッファ20から読み出し、これをテクスチャブレンド回路306に出力する。

【0032】図7は、テクスチャデータ読み出し回路305における第1の描画を行なう際の処理のフローチャートである。ステップS21：テクスチャデータ読み出し回路305は、8画素分の $(s, t, q)$ データS11a<sub>1</sub>～S11a<sub>8</sub>のそれぞれについて、 $s$ データを $q$ データで除算する演算と、 $t$ データを $q$ データで除算する演算とを行い、除算結果「 $s/q$ 」および「 $t/q$ 」を算出する。そして、除算結果「 $s/q$ 」および「 $t/q$ 」に、それぞれテクスチャサイズUSIZEおよびVSIZEを乗じて、各画素に対応したテクスチャ座標データ $(u_1, v_1) \sim (u_8, v_8)$ を算出する。

【0033】ステップS22：テクスチャデータ読み出し回路305は、例えば、予め用意したアドレステーブルを参照して、縮小率 $lod$ に対応する基準アドレス $(ubase, vbase)$ を得る。そして、テクスチャデータ読み出し回路305は、基準アドレス $(ubase, vbase)$ と、ステップS21で算出したテクスチャ座標データ $(u_1, v_1) \sim (u_8, v_8)$ とを加算して、テクスチャバッファ20のUV座標系における物理アドレスであるテクスチャアドレス $(U_1, V_1) \sim (U_8, V_8)$ を生成する。

【0034】ステップS23：テクスチャデータ読み出し回路305は、ステップS22で生成したテクスチャアドレス $(U_1, V_1) \sim (U_8, V_8)$ を、図1に示すメモリI/F回路13を介して、テクスチャバッファ20に出力し、テクスチャデータである $(R, G, B, t\alpha)$ データS17<sub>1</sub>～S17<sub>8</sub>を読み出す。なお、SRAM17には、テクスチャバッファ20に記憶されているテクスチャデータのコピーが記憶されており、テクスチャエンジン回路12は、実際には、メモリI/F回路13を介してSRAM17に記憶されているテクスチャデータを読み出す。

【0035】ステップS24：テクスチャデータ読み出

し回路305は、ステップS23で読み出した(R, G, B, t $\alpha$ )データS17<sub>1</sub>～S17<sub>8</sub>をテクスチャブレンド回路306に出力する。

【0036】〔テクスチャブレンド回路306〕テクスチャブレンド回路306は、第1の描画を行う際に、DDAデータS11に含まれる8画素分の(R, G, B,  $\alpha$ )データS11b<sub>1</sub>～S11b<sub>8</sub>と、テクスチャデータ読み出し回路305が読み出した(R, G, B, t $\alpha$ )データS17<sub>1</sub>～S17<sub>8</sub>とを、対応する要素同士で乗算し、(R, G, B,  $\alpha$ )データS306<sub>1</sub>～S306<sub>8</sub>を生成する。そして、(R, G, B,  $\alpha$ )データS306<sub>1</sub>～S306<sub>8</sub>が、(R, G, B,  $\alpha$ )データS12a<sub>1</sub>～S12a<sub>8</sub>として、メモリI/F回路13に出力される。

【0037】なお、テクスチャエンジン回路12は、第1の描画を行う際に、フルカラー方式の場合には、テクスチャバッファ20から読み出した(R, G, B, t $\alpha$ )データを直接用いる。一方、テクスチャエンジン回路12は、インデックスカラー方式の場合には、予め作成したカラールックアップテーブル(CLUT)をテクスチャCLUTバッファ23から読み出して、内蔵するSRAMに転送および記憶し、このカラールックアップテーブルを用いて、テクスチャバッファ20から読み出したカラーインデックスに対応する(R, G, B)データを得る。

【0038】〔混合画素決定回路310〕混合画素決定回路310は、入力した三角形の境界に位置する各画素の画素位置データ(x<sub>t</sub>, y<sub>t</sub>)と、相対位置データ(maj, dir)とに基づいて混合を行う画素を決定し、当該決定された画素の位置(座標)を示す混合画素位置データ(x<sub>c</sub>, y<sub>c</sub>)と、画素位置データ(x<sub>t</sub>, y<sub>t</sub>)とをメモリI/F回路13に出力する。

【0039】具体的には、混合画素決定回路310は、図3(A)に示す場合には、入力した画素P<sub>1</sub>の画素位置データ(x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>)と相対位置データ(1, 0)とを用いて、画素P<sub>1</sub>と画素P<sub>2</sub>とを混合することを決定

$$C_{ov1} = f(L)$$

【0042】従って、0 ≤ L ≤ 1となる関数f(L)の値を予め求めておきテーブル(表)データとして用意しておけば、距離データLを用いてテーブルデータを引くことで、占有率C<sub>ov1</sub>が簡単かつ高速に得られる。ま

$$C_{ov2} = 1 - C_{ov1}$$

【0044】混合比率算出回路311は、占有率C<sub>ov1</sub>を混合比率C<sub>ov</sub>としてアンチエイリアスデータS12bに含めて、メモリI/F回路13に出力する。

【0045】メモリI/F回路13

また、メモリI/F回路13は、第1の描画を行う際に、テクスチャエンジン回路12から入力した(R, G, B,  $\alpha$ )データS12a<sub>1</sub>～S12a<sub>8</sub>、すなわち画素データS12aに対応するzデータと、zバッファ

し、画素P<sub>2</sub>の混合画素位置データ(x<sub>2</sub>, y<sub>2</sub>)と、画素P<sub>1</sub>の画素位置データ(x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>)とをメモリI/F回路13に出力する。また、図3(B)に示す場合には、入力した画素P<sub>1</sub>の画素位置データ(x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>)と相対位置データ(0, 1)とを用いて、画素P<sub>1</sub>と画素P<sub>3</sub>とを混合することを決定し、画素P<sub>3</sub>の混合画素位置データ(x<sub>3</sub>, y<sub>3</sub>)と、画素P<sub>1</sub>の画素位置データ(x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>)とをメモリI/F回路13に出力する。また、図3(C)に示す場合には、入力した画素P<sub>1</sub>の画素位置データ(x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>)と相対位置データ(1, 1)とを用いて、画素P<sub>1</sub>と画素P<sub>4</sub>とを混合することを決定し、画素P<sub>4</sub>の混合画素位置データ(x<sub>4</sub>, y<sub>4</sub>)と、画素P<sub>1</sub>の画素位置データ(x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>)とをメモリI/F回路13に出力する。また、図3(D)に示す場合には、入力した画素P<sub>1</sub>の画素位置データ(x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>)と相対位置データ(1, 0)とを用いて、画素P<sub>1</sub>と画素P<sub>5</sub>とを混合することを決定し、画素P<sub>5</sub>の混合画素位置データ(x<sub>5</sub>, y<sub>5</sub>)と、画素P<sub>1</sub>の画素位置データ(x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>)とを、アンチエイリアスデータS12bとして、メモリI/F回路13に出力する

【0040】〔混合比率算出回路311〕混合比率算出回路311は、距離データLを入力し、当該距離データLに応じた混合比率C<sub>ov</sub>を算出し、これをメモリI/F回路13に出力する。ここで、混合比率は、具体的には、各画素の2次元形状を正方形や円に近似した場合には、境界となる辺が当該画素を覆っている割合(占有率)を算出することで求められる。例えば、図4に示すように、各画素を円に近似した場合には、占有率は、斜線を付した領域350の面積を、斜線を付していない領域351の面積で除算した値になる。ここで、画素の中心から、境界の辺までの距離データLを用いると、円形領域内での領域350の占有率C<sub>ov1</sub>は、下記式(2)に示すように距離データLの関数となる。

【0041】

【数2】

$$\dots (2)$$

た、円形領域内での領域351の占有率C<sub>ov2</sub>は、占有率C<sub>ov1</sub>を用いて下記式(3)で求められる。

【0043】

【数3】

$$\dots (3)$$

22に記憶されているzデータとの比較を行い、入力した画素データS12aによって描画される画像が、前回、ディスプレイバッファ21に書き込まれた画像より、手前(視点側)に位置するか否かを判断し、手前に位置する場合には、画素データS12aに対応するzデータでzバッファ22に記憶されたzデータを更新する。また、メモリI/F回路13は、第1の描画を行う際に、必要に応じて、画素データS12aに含まれる

(R, G, B) データと、既にディスプレイバッファ21に記憶されている(R, G, B) データとを、画素データS12aに対応する $\alpha$ データが示す混合値で混合する、いわゆる $\alpha$ ブレンディング処理を行い、混合後の(R, G, B) データをディスプレイバッファ21に書き込む(打ち込む)。

【0046】また、メモリI/F回路13は、第2の描画を行う際に、ディスプレイバッファ21内のアドレスから、アンチエイリアスデータS12bに含まれる混合画素位置データ( $x_c, y_c$ )によって特定される画素の

$$R_A = C_{0v} \times R_t + (1 - C_{0v}) \times R_c \quad \dots (4)$$

【0048】

$$G_A = C_{0v} \times G_t + (1 - C_{0v}) \times G_c \quad \dots (5)$$

【0049】

$$B_A = C_{0v} \times B_t + (1 - C_{0v}) \times B_c \quad \dots (6)$$

【0050】メモリI/F回路13は、アンチエイリアスされた( $R_A, G_A, B_A$ ) データS13を、DRAM16のディスプレイバッファ21に書き込む、すなわち、第2の描画を行う。なお、メモリI/F回路13によるDRAM16に対してのアクセスは、例えば16画素について同時に行なわれる。なお、メモリI/F回路13によるDRAM16に対してのアクセスは、16画素同時ではなく、例えば、8画素あるいは32画素同時に行うようにしてもよい。

#### 【0051】CRTコントローラ回路14

CRTコントローラ回路14は、与えられた水平および垂直同期信号に同期して、図示しないCRTに表示するアドレスを発生し、ディスプレイバッファ21から表示データを読み出す要求をメモリI/F回路13に出力する。この要求に応じて、メモリI/F回路13は、ディスプレイバッファ21から一定の固まりで表示データを読み出す。CRTコントローラ回路14は、ディスプレイバッファ21から読み出した表示データを記憶するFIFO(First In First Out)回路を内蔵し、一定の時間間隔で、RAMDAC回路15に、RGBのインデックス値を出力する。

#### 【0052】RAMDAC回路15

RAMDAC回路15は、各インデックス値に対応するR, G, Bデータを記憶しており、CRTコントローラ回路14から入力したRGBのインデックス値に対応するデジタル形式のR, G, Bデータを、D/Aコンバータに転送し、アナログ形式のR, G, Bデータを生成する。RAMDAC回路15は、この生成されたR, G, BデータをCRTに出力する。

【0053】以下、3次元コンピュータグラフィックシステム1の動作について説明する。

〔第1の描画動作〕まず、図2に示す第1の描画(ステップS1)における動作について説明する。ポリゴンレンダリングデータS4が、メインバス6を介してメインプロセッサ4からDDAセットアップ回路10に出力さ

( $R_c, G_c, B_c$ ) データS13と、画素位置データ( $x_t, y_t$ )によって特定される画素の( $R_t, G_t, B_t$ ) データS13とを読み出し、これらをアンチエイリアスデータS12bに含まれる混合比率 $C_{0v}$ を用いて、下記式(4)～(6)に応じて混合し、アンチエイリアスされた( $R_A, G_A, B_A$ ) データを生成する。

【0047】

【数4】

【数5】

【数6】

れ、DDAセットアップ回路10において、三角形の辺と水平方向の差分を示す変分データS10が生成される。そして、DDAセットアップ回路10からトライアングルDDA回路11に変分データS10が出力される。

【0054】次に、トライアングルDDA回路11において、変分データS10に基づいて、三角形内部の各画素における線形補間された( $z, R, G, B, \alpha, s, t, q, F$ ) が生成される。そして、トライアングルDDA回路11からテクスチャエンジン回路12に、各画素の( $x, y$ ) データと、当該( $x, y$ ) 座標における( $z, R, G, B, \alpha, s, t, q, F$ ) データとが、DDAデータS11として出力される。

【0055】次に、図5に示すテクスチャエンジン回路12の縮小率演算回路304において、DDAデータS11に含まれる8画素分の( $s, t, q$ ) データS11a<sub>1</sub>～S11a<sub>8</sub>を用いて、テクスチャデータの縮小率が算出され、この縮小率lodがテクスチャデータ読み出し回路305に出力される。

【0056】次に、テクスチャデータ読み出し回路305において、図7に示すフローに基づいて、テクスチャバッファ20からテクスチャデータS17<sub>1</sub>～S17<sub>8</sub>が読み出され、この読み出されたテクスチャデータS17<sub>1</sub>～S17<sub>8</sub>が、テクスチャブレンド回路306に出力される。次に、テクスチャブレンド回路306において、DDAデータS11に含まれる8画素分の( $R, G, B, \alpha$ ) データS11b<sub>1</sub>～S11b<sub>8</sub>と、テクスチャデータ読み出し回路305が読み出した( $R, G, B, t, \alpha$ ) データS17<sub>1</sub>～S17<sub>8</sub>とが、対応する要素同士で乗算され、( $R, G, B, \alpha$ ) データS306<sub>1</sub>～S306<sub>8</sub>が生成される。そして、( $R, G, B, \alpha$ ) データS306<sub>1</sub>～S306<sub>8</sub>が、( $R, G, B, \alpha$ ) データS12a<sub>1</sub>～S12a<sub>8</sub>、すなわち、画素データS12aとして、メモリI/F回路13に出力される。

【0057】そして、メモリI/F回路13において、テクスチャエンジン回路12から入力した画素データS12aに対応するzデータと、zバッファ22に記憶されているzデータとの比較が行われ、入力した画素データS12aによって描画される画像が、前回、ディスプレイバッファ21に書き込まれた画像より、手前（視点側）に位置するか否かが判断され、手前に位置する場合には、画像データS12aに対応するzデータでzバッファ22に記憶されたzデータが更新される。

【0058】次に、メモリI/F回路13において、必要に応じて、画像データS12aに含まれる（R, G, B）データと、既にディスプレイバッファ21に記憶されている（R, G, B）データとが、画素データS12aに対応する $\alpha$ データが示す混合値で混合され、混合後の（R, G, B）データがディスプレイバッファ21に書き込まれる。第1の描画動作では、例えば、図8に示す三角形500および501を描画する場合に、先ず、三角形500を描画した後に、三角形501を描画する。

【0059】〔第2の描画動作〕次に、図2に示す第2の描画（ステップS2）の動作について説明する。図9は、図2に示す第2の描画動作のフローチャートである。

ステップS31：図5に示すテクスチャエンジン回路12の混合画素決定回路310において、トライアングルDDA回路11から入力した三角形の境界に位置する各画素の画素位置データ（ $x_t, y_t$ ）と、相対位置データ（maj, dir）とに基づいて混合を行う画素が決定され、当該決定された画素の位置（座標）を示す混合画素位置データ（ $x_c, y_c$ ）と画素位置データ（ $x_t, y_t$ ）とが、アンチエイリアスデータS12bとしてメモリI/F回路13に出力される。

【0060】ステップS32：図5に示す混合比率算出回路311において、入力した距離データLに応じた混合比率 $C_{ov}$ が算出され、この混合比率 $C_{ov}$ が、アンチエイリアスデータS12bとしてメモリI/F回路13に出力される。

【0061】ステップS33：次に、図1に示すメモリI/F回路13において、ディスプレイバッファ21内のアドレスから、混合画素位置データ（ $x_c, y_c$ ）によって特定される画素の（ $R_c, G_c, B_c$ ）データS13と、画素位置データ（ $x_t, y_t$ ）によって特定される画素の（ $R_t, G_t, B_t$ ）データS13とが読み出され、これらがアンチエイリアスデータS12bに含まれる混合比率 $C_{ov}$ を用いて前記式（4）～（6）に応じて混合され、アンチエイリアスされた（ $R_A, G_A, B_A$ ）データが生成される。

【0062】ステップS34：次に、メモリI/F回路13によって、ステップS33で生成したアンチエイリアスされた（ $R_A, G_A, B_A$ ）データS13が、DR

AM16のディスプレイバッファ21に書き込まれる。具体例としては、例えば、図8に示す場合には、前述した第1の描画により三角形500および501の描画が行われ、第2の描画により三角形500および501の辺cと交差する画素について図9に示すフローに従ってアンチエイリアス処理が行われ、当該アンチエイリアスされた（ $R_A, G_A, B_A$ ）データがディスプレイバッファ21に書き戻される。これにより、辺cに沿って背景502の色に応じたラインが生じることを排除できる。

【0063】以上説明したように、3次元コンピュータグラフィックシステム1によれば、第1の描画を行なった後に、さらに第2の描画としてアンチエイリアス処理を行なうことで、単位図形の境界線に背景色に応じたラインが生じることを排除でき、単位図形を組み合わせて形状を描画する場合でも高画質な画像を提供できる。

【0064】本発明は上述した実施形態には限定されない。例えば、上述した実施形態では、同時に処理が実行される画素数を8としたが、この数は任意であり、例えば、4であってもよい。但し、同時に処理が実行される画素数は、2のべき乗であることが望ましいが、6などであってもよい。

【0065】また、上述した実施形態では、混合比率算出回路311において、画素の形状を円形に近似し、円形領域内で境界によって区切られた領域の面積の比率に応じて混合比率 $C_{ov}$ を算出したが、例えば、画素の形状を矩形など、その他の形状に近似してもよい。また、混合比率 $C_{ov}$ を、画素の中心から境界線までの距離ではなく、その他のパラメータを用いてもよい。

【0066】また、上述した図1に示す3次元コンピュータグラフィックシステム1では、SRAM17を用いる構成を例示したが、SRAM17を設けない構成にしてもよい。また、図1に示すテクスチャバッファ20およびテクスチャCLUTバッファ23を、DRAM16の外部に設けてもよい。

【0067】さらに、図1に示す3次元コンピュータグラフィックシステム1では、ポリゴンレンダリングデータを生成するジオメトリ処理を、メインプロセッサ4で行なう場合を例示したが、レンダリング回路5で行なう構成にしてもよい。

【0068】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のグラフィック演算装置およびその方法によれば、単位図形を組み合わせて形状を描画する場合でも、単位図形相互間の境界線に、画質劣化の原因となる背景色が混入することを効果的に排除できる。その結果、本発明のグラフィック演算装置およびその方法によれば、高画質な画像を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明の実施形態の3次元コンピュー

タグラフィックシステムのシステム構成図である。

【図2】図2は、図1に示す3次元コンピュータグラフィックシステムで行われる描画を説明するためのフローチャートである。

【図3】図3は、図1に示すDDAセットアップ回路で行われる相対位置データ (maj, dir) の生成方法を説明するための図である。

【図4】図4は、図1に示すDDAセットアップ回路で行われる距離データLの生成方法を説明するための図である。

【図5】図5は、図1に示すテクスチャエンジン回路の内部構成図である。

【図6】図6は、図1に示すテクスチャバッファに記憶され、MIPMAPフィルタリング処理された複数の縮小率のテクスチャデータを説明するための図である。

【図7】図7は、図5に示すテクスチャデータ読み出し回路における処理のフローチャートである。

【図8】図8は、図2に示す第2の描画を説明するための図である。

【図9】図9は、図2に示す第2の描画の動作のフローチャートである。

【図10】図10は、エイリアシングを説明するための図である。

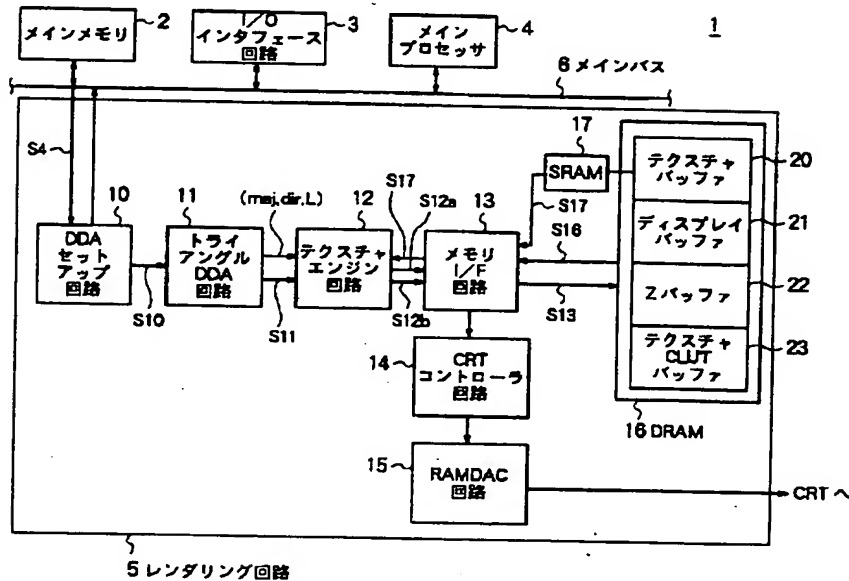
【図11】図11は、三角形を単位として行なわれる描画処理を説明するための図である。

【図12】図12は、三角形を単位として描画する場合の従来の問題点を説明するための図である。

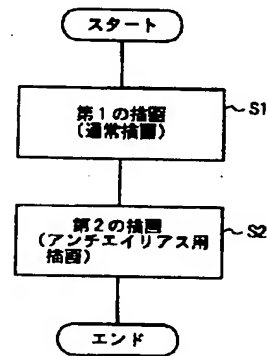
【符号の説明】

1…3次元コンピュータグラフィックシステム、2…メインメモリ、3…I/Oインタフェース回路、4…メインプロセッサ、5…レンダリング回路、10…DDAセットアップ回路、11…トライアングルDDA回路、12…テクスチャエンジン回路、13…メモリI/F回路、14…CRTコントローラ回路、15…RAMDAC回路、16…DRAM、17…SRAM、20…テクスチャバッファ、21…ディスプレイバッファ、22…Zバッファ、23…テクスチャCLUTバッファ、304…縮小率演算回路、305…テクスチャデータ読み出し回路、306…テクスチャブレンド回路、310…混合画素決定回路、311…混合比率算出回路、lod…縮小率

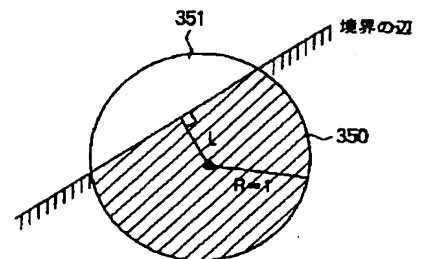
【図1】



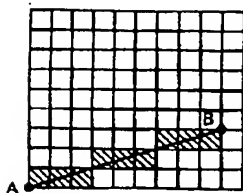
【図2】



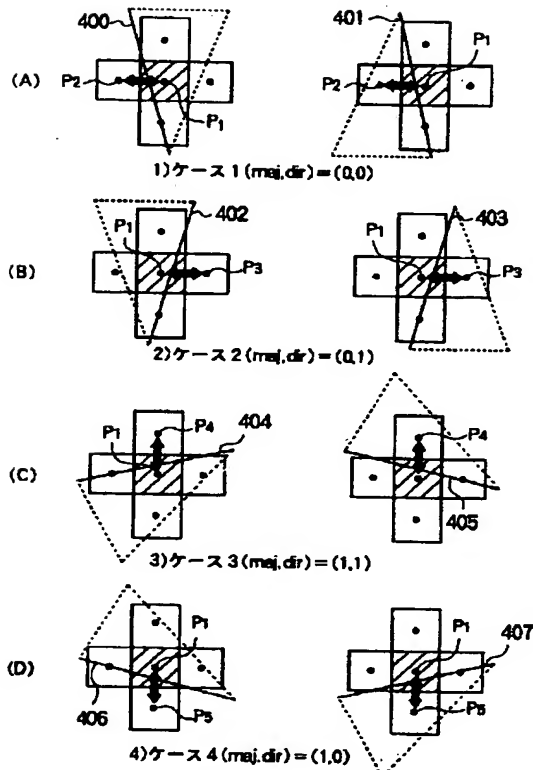
【図4】



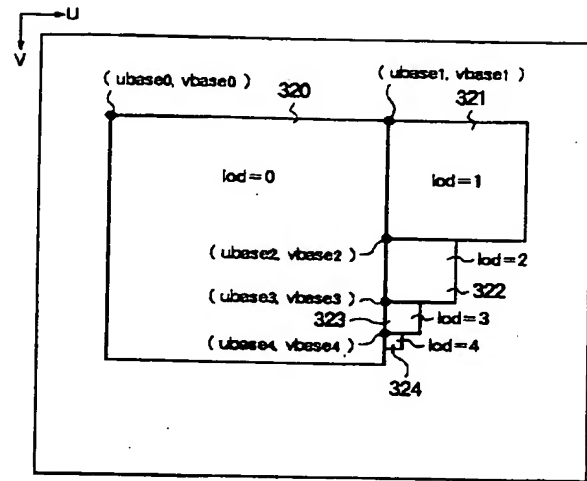
【図10】



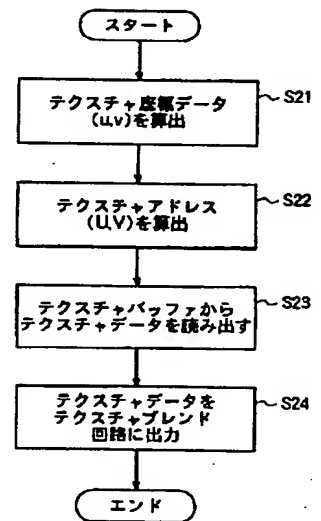
【図3】



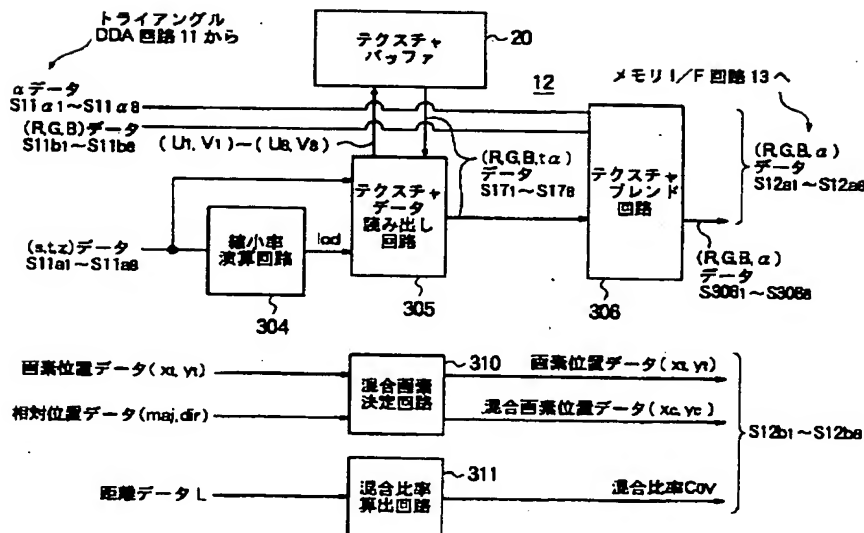
【図6】



【図7】

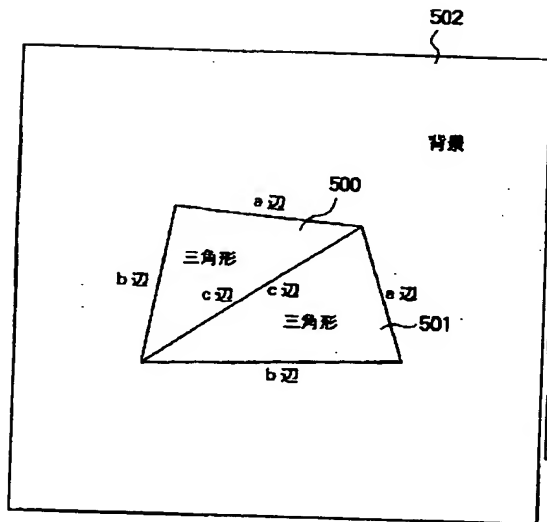


【図5】

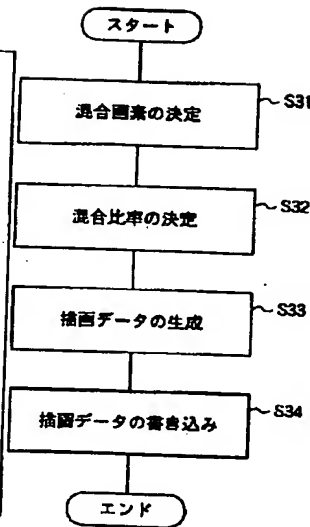




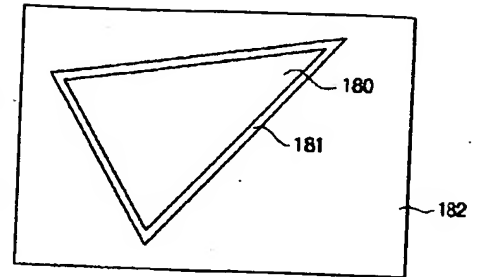
【図8】



【図9】



【図11】



【図12】

